

文章编号: 1006-4354 (2007) 02-0021-03

# 宝鸡 2006 年 7 月 8—9 日连续突发性暴雨的中尺度系统特征分析

孟妙志, 郭清历, 冯富强

(宝鸡市气象局, 陕西宝鸡 721006)

**摘要:** 利用西安多普勒雷达、FY-2C 卫星、自动站加密雨量等资料, 对宝鸡 2006 年 7 月 8 日、9 日连续突发性暴雨的中尺度系统观测特征分析, 结果表明: 地面冷锋触发的中- $\gamma$  尺度对流系统造成这 2 次暴雨; 中- $\gamma$  尺度对流系统生命史为 1 h 左右, 发展迅速, 强降水产生于中- $\gamma$  尺度系统成熟期 (前 30 min); 多普勒雷达图上, 组合反射率大于 45 dBz 的强回波对应强降水。2 次突发性暴雨平均雨强 1 mm/min, 最大 4.2 mm/min。借助多普勒雷达, 可及时捕捉中- $\gamma$  尺度对流系统。

**关键词:** 突发性暴雨; 中- $\gamma$  尺度对流系统; 观测特征

**中图分类号:** P458.12.1

**文献标识码:** A

新一代天气雷达和自动气象站, 为研究突发性暴雨提供了高时空分辨率的资料, 揭示出一些新的观测事实。2006 年 7 月 8 日、9 日宝鸡连续出现突发性暴雨, 借助新一代天气雷达, 2 次暴雨的短时预报服务取得成功。本文重点探讨 2 次过程的中尺度系统观测特征。

## 1 雨情

2006 年 7 月 8 日 02—06 时、9 日 21 时—10 日 01 时, 宝鸡连续出现突发性暴雨, 强降水集中在 1~2 h, 落区 2~3 个县。8 日凤翔、陇县站 3 h 降水分别为 74、48 mm, 其中凤翔 04—05 时 1 h 最大降水 61 mm; 9 日, 凤翔、麟游站 3 h 降水分别为 62、50 mm, 凤翔 21—22 时 1 h 最大降水 53 mm, 6 min 降水最大为 12.1 mm。这 2 次降水历时短、强度大、范围小, 从暴雨的时空尺度看, 均为中- $\gamma$  尺度天气过程。

## 2 暴雨的中尺度系统特征

### 2.1 卫星云图特征

分析 FY-2C 每半小时一张的云图可见, 2 次暴雨均为冷锋前的对流云团所致, 对流云团的生

命史在 3 h 内、尺度 20 km 左右, 属中- $\gamma$  尺度对流系统, 强降水产生于云团成熟阶段, 云顶亮温  $t_{BB}$  低于  $-30\sim-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  的区域内。

7 月 8 日, 凤翔、陇县暴雨分别由 2 个云团产生。8 日 02—03 时, 有一对流云团在陇县附近发展、成熟、减弱, 对应云团的  $t_{BB}$  分别为  $-38$ 、 $-40$ 、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 发展、成熟阶段尺度分别为 15、20 km, 云团成熟阶段对应陇县强降水时段。8 日 4—5 时, 凤翔东西两侧各有一个小尺度对流云团形成,  $t_{BB} < -38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 04:30, 云团发展, 在凤翔合并,  $t_{BB} < -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 05 时合并后的云团  $t_{BB} < -42\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 尺度 20 km, 中心在凤翔, 对应凤翔出现强降水时段; 05:30, 云团减弱,  $t_{BB} < -40\text{ }^{\circ}\text{C}$  的区域锐减到 10 km, 凤翔降水减弱, 雨强  $< 5\text{ mm/h}$ 。

7 月 9 日, 凤翔、麟游暴雨由一个对流云团产生。云团 20 时开始形成, 首先影响麟游, 21 时云团向东南发展,  $t_{BB}$  为  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 影响凤翔; 21:30, 凤翔云团  $t_{BB}$  达  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 尺度 20~30 km, 为成熟阶段, 对应雨强最大时段; 22 时云团开始减弱,  $t_{BB}$  为  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 雨强  $< 5\text{ mm/h}$ ; 03 时  $t_{BB}$  为  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 雨

收稿日期: 2006-11-30

作者简介: 孟妙志 (1964-), 女, 汉族, 甘肃平凉人, 学士, 高工, 从事天气预报工作。

强减小; 24 时降水结束。2 次暴雨云团(中- $\gamma$ 系统)均尺度小, 演变快, 卫星云图的预报参考作用有限。

## 2.2 多普勒雷达资料分析

在西安多普勒雷达上可捕捉到宝鸡 7 月 8 日、9 日暴雨对流云团的生消演变, 宝鸡市气象台提前 2 h 及时发布了短时暴雨警报, 但 9 日暴雨落区预报有偏差。

### 2.2.1 回波演变

使用西安新一代(CINRAD/CB 型)天气雷达的 VCP21 降水模式探测得到的资料, 主要分析导出产品: 组合反射率(CRC39)、回波顶(ET)、垂直累积液态含水量(VIL), 分别用  $R$ 、 $H$ 、 $Q$  表示。图 1 为 2 次过程中凤翔暴雨对流最旺盛时的回波形态, 主要显示  $R \geq 45$  dBz 区域。

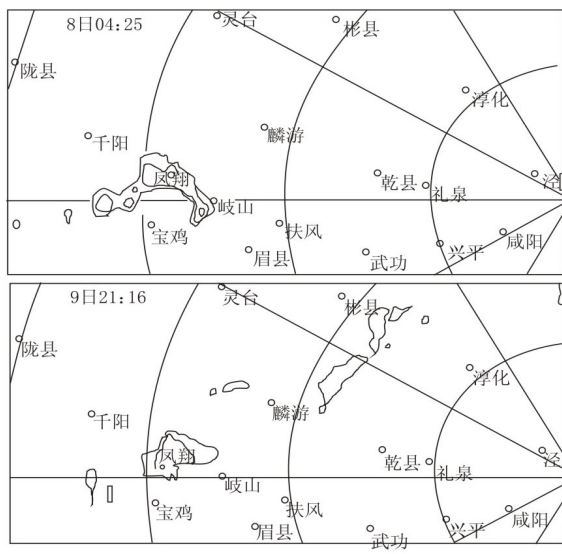


图 1 2006 年 7 月 8 日、9 日雷达组合反射率等值线图  
(仅显示  $\geq 45$  dBz 区域, 等值线间隔 5 dBz)

7 月 8 日暴雨在雷达上表现为: 零散对流单体组成的东北-西南向回波带, 在宝鸡境内自西北向东南移动, 先后发展了 2 个  $R > 45$  dBz 的中- $\gamma$  尺度对流单体, 造成陇县、凤翔暴雨。8 日 01 时, 回波带移向宝鸡西北部, 宝鸡市气象台发布全区短时暴雨警报。8 日 02—03 时, 陇县有  $R > 45$  dBz 的强回波影响, 最大强度 55 dBz, 回波高度  $H$  为 10 km, 垂直累积液态含水量  $Q$  为 35 kg/

$m^2$ ,  $R > 45$  dBz 的回波尺度 15 km  $\times$  15 km, 维持 1 h 就东移减弱, 对应陇县 1 h 降水 39 mm。04—05 时, 东移的回波带与凤翔东侧的小单体合并发展形成  $R > 45$  dBz 的“人”字形回波(图 1), 凤翔位于“人”字形回波顶部, 最大强度 60 dBz, 回波高度  $H$  达 12 km,  $Q$  达 33 kg/ $m^2$ , “人”字形回波 04: 18 形成, 对应凤翔 04: 12—04: 18 出现 17~20 m/s 的大风和 14.9 mm/6 min 的降水雨峰。05 时后, “人”字形回波减弱东移, 凤翔降水锐减。

7 月 9 日暴雨影响麟游、凤翔、扶风的 3 个对流单体发展移动路径呈“Z”形: 即对流单体 1 自西北向东南移入影响麟游后减弱, 其南侧新生单体 2 西南向移入影响凤翔, 后向东发展影响扶风。19 时随着冷锋西南向移近, 麟游西北方有独立的对流单体 1 形成, 尺度 18 km  $\times$  50 km, 中心回波强度  $R > 30$  dBz。20 时, 单体 1 向西南向发展,  $R > 30$  dBz 回波影响麟游, 降水开始。21—23 时, 单体 1 最大强度 45 dBz,  $H$  达 8 km,  $Q$  达 20 kg/ $m^2$ , 持续影响麟游; 同时在单体 1 西南方单体 2 形成。20: 49, 单体 2 开始影响凤翔; 21: 00—21: 50, 单体 2 中心回波强度  $R > 45$  dBz, 尺度 20 km  $\times$  20 km, 一直维持在凤翔(图 1), 回波最大强度 55 dBz (维持 20 min), 尺度 5~10 km,  $H$  达 11 km,  $Q$  达 30 kg/ $m^2$ , 对应凤翔雨强最大时段。22 时单体 2 东移减弱; 23 时, 东移的回波在移入扶风时发展,  $R > 40$  dBz 强中心影响扶风。10 日 01: 30 后, 回波减弱, 宝鸡降水结束。当日预报时, 依据对流前期自西北向东南发展特点, 发布了麟游、扶风先后有强对流短时暴雨警报, 但漏报了凤翔, 主要是对流发展路径发生变化。

### 2.2.2 速度场分析

宝鸡距西安 140~190 km, 暴雨产生地距西安 150 km, 是多普勒雷达速度场的边界区。7 月 8 日暴雨时, 在 0.5°、1.5°仰角速度场上, 凤翔上空(3 km、5 km)东侧(靠近雷达)、西侧分别为  $\pm 5$  m/s 的成片正负速度区, 凤翔位于其间的中尺度辐合区。7 月 9 日暴雨时, 在 1.5°仰角速度场上, 凤翔上空 5 km 为沿径向的正负速度对( $\pm 5$  m/s)构成气旋式辐合区; 在 3.4°仰角速度场上, 凤翔上空 9 km 为 20 m/s 正负速

度区构成反气旋式辐散区, 即凤翔对流系统中低层气旋式辐合, 入流明显, 高层反气旋式辐散, 出流明显, 表明对流系统发展旺盛。速度场 7 月 8 日暴雨中低空辐合明显, 而 7 月 9 日暴雨中空辐合, 高空辐散明显。

### 2.3 中- $\gamma$ 尺度对流系统的降水特征

为分析回波与降水的关系, 利用凤翔自动站测得的每分钟雨量, 统计凤翔最强降水的 1 h 内每 6 min 雨量与对应回波特征。

7 月 8 日暴雨对流云团在 04: 18—04: 24 达到成熟, 最大强度 60 dBz,  $H$  为 12 km,  $Q$  为 33 kg/m<sup>2</sup>, 对应雨强最大为 14.9 mm/6min、4.2 mm/min, 并伴有短时大风。其后, 回波逐渐减弱, 高度降低, 垂直累计液态水含量下降, 对应雨强减小。暴雨平均雨强为 6.1 mm/6min、1 mm/min。

7 月 9 日影响凤翔的云团(回波)在 21: 18—21: 24 达到成熟, 最大强度 55 dBz,  $H$  为 12 km,  $Q$  为 30 kg/m<sup>2</sup>, 对应雨强最大为 12.1 mm/6min、2.6 mm/min, 平均雨强为 5.3 mm/6min、0.9 mm/min。

7 月 8 日、9 日暴雨由中- $\gamma$  尺度对流系统产生, 生命史为 1 h 左右, 发展迅速。中- $\gamma$  尺度对流系统在前 30 min 内发展成熟, 强降水产生于成熟期; 多普勒雷达图上, 组合反射率  $R \geq 45$  dBz 对应产生强降水, 尺度 15~20 km, 影响在一个县内。2 次中- $\gamma$  尺度对流系统引发的降水有雨强大、短时性、单点性的特点。

### 2.4 地面风场分析

在地面冷锋的抬升作用下, 宝鸡只出现了局地对流, 且对流传播也有跳跃性。分析宝鸡地区逐小时自动站风场资料可见, 中尺度切变线和中- $\gamma$  尺度涡旋是对流的组织者。

7 月 8 日 03 时, 宝鸡中部(千阳凤翔之间)有东北—西南向的切变形成, 雷达显示沿切变线后部分别有对流单体发展; 04—05 时切变线维持在凤翔附近, 切变线的位置与凤翔对流的发展时间和位置相对应。

7 月 9 日 18 时, 宝鸡中部有东北—西南向的切变(偏东风与偏北风间)形成, 雷达显示切变线后部千阳、灵台分别有对流发展; 20 时切变线维持, 但麟游、凤翔分别有中- $\gamma$  尺度涡旋形成, 雷达显示麟游到凤翔东北有  $R \geq 30$  dBz 的带状回波, 其中麟游为  $R \geq 45$  dBz 的强中心。21—22 时凤翔涡旋维持, 23 时消失, 而麟游涡旋 21 时就消失; 雷达显示 20: 36—21: 50, 凤翔对流发展, 始终维持强度  $R \geq 45$  dBz 的中心, 22 时后凤翔对流快速减弱。可见 7 月 9 日中尺度切变线和中- $\gamma$  尺度涡旋先于对流形成, 局地对流产生在涡旋处并迅速发展, 涡旋维持 1~2 h, 产生暴雨的中- $\gamma$  尺度强回波 ( $R \geq 45$  dBz) 生命史 1 h。

## 3 连续突发性暴雨的环流背景

7 月 8 日、9 日 500 hPa 中纬度维持西高东低形势, 河套为新疆脊前西北气流控制, 但河西连续有冷温度槽下滑; 地面形势稳定, 但两天 14 时都有冷锋移到河套。冷温度槽和冷锋是强对流发生的有利条件, 但 700、850 hPa 无明显低值系统, 使暴雨预报比较困难。

## 4 小结

4.1 借助多普勒雷达资料和自动站加密雨量等资料, 对中- $\gamma$  尺度对流系统及其降水的特征有了初步认识。7 月 8 日、9 日暴雨中- $\gamma$  尺度对流系统生命史为 1 h 左右, 尺度在 10~20 km 之间的局地对流系统, 发展迅速, 强降水产生于中- $\gamma$  尺度系统成熟期(前 30 min)。多普勒雷达图上,  $R \geq 45$  dBz 的强回波对应强降水, 尺度在 20 km 以内。2 次突发性暴雨平均雨强 1 mm/min, 最大雨强 4.2 mm/min。

4.2 暴雨发生在连续有冷温度槽下滑并有冷锋影响的稳定形势下, 地面冷锋是 2 次暴雨的触发机制, 而中尺度切变线和中- $\gamma$  尺度涡旋是暴雨的直接组织系统, 影响对流的发展路径和位置。地面自动站加密风场可作为短时预报的重要参考。

4.3 中- $\gamma$  尺度对流系统降水强度大, 但尺度小、历时短, 借助新一代天气雷达可跟踪其发生发展, 其路径和位置是研究重点。